



## Test af permeable befæstelser på parkeringsplads ved Svanemøllehallen

Støvring, Jan

*Published in:*  
Trafik & Veje

*Publication date:*  
2015

*Document version*  
Også kaldet Forlagets PDF

*Document license:*  
[Ikke-specificeret](#)

*Citation for published version (APA):*  
Støvring, J. (2015). Test af permeable befæstelser på parkeringsplads ved Svanemøllehallen. *Trafik & Veje*, (1), 58-61.

# Test af permeable befæstelser på parkeringsplads ved Svanemøllehallen

Permeable befæstelser, der tillader vand at sive gennem belægningen til temporær opmagasinering i bærelaget forud for infiltration, er brugt vidt i udlandet. De seneste år har teknologien fundet brug i Danmark. Resultater fra dokumentationsforsøg i Danmark viser, at de virker, men at der er brug for mere viden om afledt drift og levetid.



Af: Ph.d. stipendiat  
Jan L. Støvring, Landskabsarkitektur og Planlægning,  
Københavns Universitet  
jls@ign.ku.dk

## Permeable befæstelser i Danmark

Denne artikel præsenterer de foreløbige resultater fra test af seks forskellige permeable befæstelser etableret i maj 2013 ved Svanemøllehallen, Kbh. Ø, samt desuden resultater fra oprensningstests gennemført efterår 2014 ved andre etablerede permeable befæstelser. Dokumentationsindsatsen forsætter endnu 1½ år frem.

Resultaterne fra Svanemøllehallen peger på det permeable bærelag som en ikke ubetydelig ressource til at tilbageholdelse og forsinke nedbør. Alle belægninger ved Svanemøllehallen er 1½ år efter anlæg stadig i stand til at nedsive et skybrud (15mm/timen) uden vedligehold. Men det med store forskelle mellem de enkelte konstruktioner, og resultaterne viser en betydelig reduktion. Resultatet fra 'oprensningstests' udført efterår 2014 på anlagte permeable befæstelser rundt om i Danmark viser, at infiltrationsevne kan genoprettes ved udskiftning af de øverste 3-5 cm fugematerialer. Resultaterne viser samlet set, at der behov for systematiske undersøgelser

af sammenhæng mellem drift og levetid, og det anslås, at det er muligt at optimere belægning/afretningslag med henblik på tilbageholdelse af miljøfremmede stoffer.

## Erfaringer fra udlandet

I udlandet er der de seneste 20 år gjort erfaringer med permeable vejkonstruktioner, og de har flere steder fundet bred anvendelse. I Danmark er teknikken endnu ny og i dansk kontekst udokumenteret, men etablering af en række befæstelser de seneste to-tre år giver os mulighed for nu at evaluere teknologien og vurdere, hvorledes permeable befæstelser bedst finder anvendelse i Danmark. I første omgang er befæstelserne etableret på p-pladser og mindre boligveje, men den potentielle anvendelse er formentlig større.

## Test ved Svanemøllehallen

De seks permeable konstruktioner ved Svanemøllehallen testes pt. for deres evne til at infiltrere, opmagasinere og forsinke nedbør inden bortledning via afløbssystemet. Desuden dokumenteres evt. sætninger, f.eks. sporkøring ved årlige profilopmålinger. De seks konstruktioner er etableret ved ombygning af eksisterende p-plads ved Svanemøllehallen, der er en tidligere sporvognsremise, men som i dag fungerer som kommunal sportshal. Hver af konstruktionerne er anlagt som 5 x 5 m felter svarende til to p-pladser.

De seks unikke konstruktioner er opbygget af en kombination af en af fire forskellige typer af permeable belægninger; permeabelt asfalt, gennemsnævlig betonsten, låsesten med skærefyldte fuger, epoxybundne skærver, og et af tre forskellige bærelagsmaterialer; drænstabil, knust beton og jernbaneskærver.

De enkelte testfelter er forsegledede i sider og bund, således at alt nedbør, der løber igennem belægningen til bunden af bærelaget, ledes til en målebrønd og derfra videre til afløbssystemet. En ca. 1½ cm høj opkant langs testfeltternes kant forhindrer vand fra omkringliggende befæstelser i at løbe til.

## Forsinkelse og fordampning

Udenlandske tests viser, at permeable befæstelser reducerer afstrømningen fra det befæstede areal til 20% eller mindre. Konstruktionen etableres typisk ved at lægge et dræn  $\frac{2}{3}$  oppe i befæstelsens bærelag for på den måde at udnytte den nederste del til opmagasinering forud for infiltration gennem vej-kassens bund og sider. Drænrøret fungerer som overløb, der sikrer den øverste del mod vandmætning.

Ved Svanemøllehallen, hvor alt vand ledes på membran på råjordsplanum til målebrønd, viser en gennemgang af alle nedbør større end 3mm i perioden 1. marts-1. august 2014, at nedbørsmængden, der løber gennem befæstelsen, reduceres til 45-70%, målt som et direkte respons på

nedbørshændelsen. I de følgende døgn løber de resterende 25-35% af nedbøren fra testfelternes bund. I den ovennævnte forår-sommerperiode viser målingerne, at 5-20% af nedbøren tilbageholdes, når man kigger på perioden som helhed. Det antages at være den mængde, der fordamper.

Den tid, som det tager regnvandet at løbe igennem konstruktionen, giver en tidsmæssig forsinkelse af regnvandet på vej mod afløbssystemet. Når man kigger på de enkelte hændelser og den direkte afstrømning, er forsinkelsen i gennemsnit 1½-5 timer, afhængig af konstruktionens opbygning. Konstruktionerne med belægning eller bærelagsmaterialer med små porer skaber den største forsinkelse. Det er de samme konstruktioner, der tilbageholder mest vand.

## Infiltrationsevnen

Som supplement til måling af forsinkelse og tilbageholdelse er der halvårligt udført infiltrationstests på belægningernes overflade. Der er anvendt forskellige anerkendte metoder til dette, men siden sommeren 2014 er testen udført ved brug af den amerikanske standard ASTM C1781. De tidligere foretagne tests er omregnet til denne metode for at opnå sammenlignelige værdier til brug for vurdering af evt. ændringer i infiltrationsevnen over tid.

Testen består i at forsegle en Ø300mm ring til belægningsoverflade med VVS-kit, hvorefter der hældes en fastsat mængde

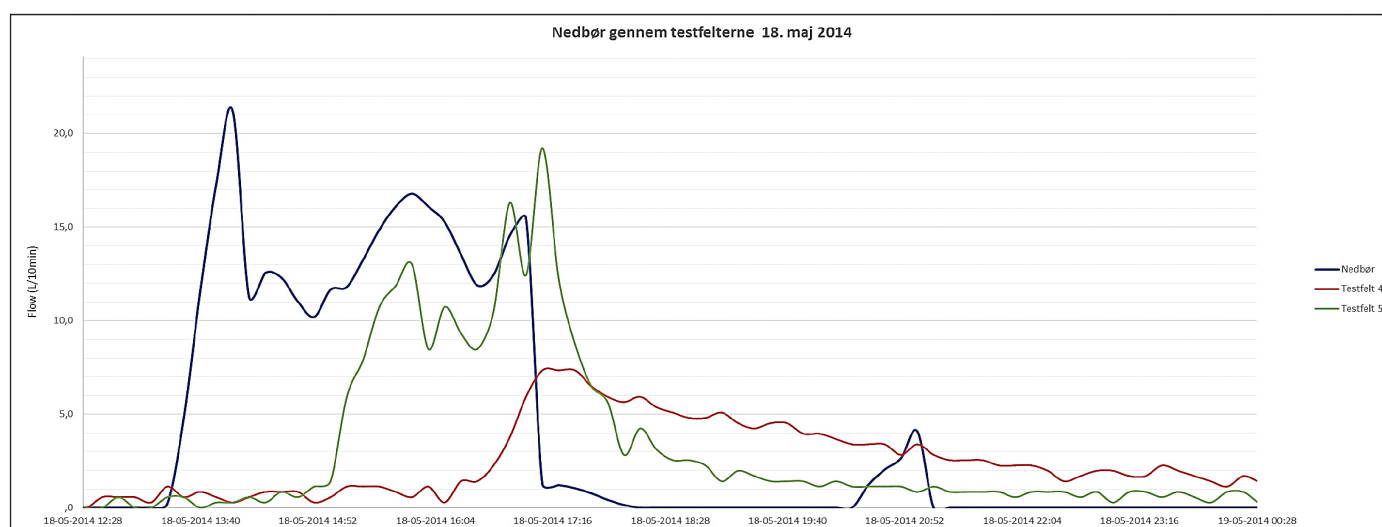


Figur 1. Seks permeable konstruktioner ved Svanemøllehallen kort efter anlæg, maj 2013.

vand i ringen med en hastighed svarende til, at der dannes et vandspejl på belægningen på mellem 10 og 15 mm over belægningsoverfladen. Vandet tilføres af tre omgange med korte mellemrum, hvorefter gennemsnittet af de sidste to test giver en infiltrationsevne for det pågældende sted på belægningen.

Den tilførte mængde svarer hver gang til et nedbør på 55 mm, dvs. tre på hinanden følgende meget kraftige skybrud. Der er stor forskel på, hvor hurtigt vandet ledes igennem belægningerne, fra under et minut til flere timer.

Målinger gennemført i august'13, april'14 og i okt.'14 viser, at infiltrationsev-



Figur 2. Grafen viser respons på 12 mm nedbør efter passage gennem testfelt med samme belægning, men forskellig bærelag. Nedbøren starter kl. 13:20. Den første nedbør i bunden af testfelt 4 registreres ca. en time efter og dræner fra belægningen i en periode på ca. 18 timer. Testfelt 5 afdrænes i løbet af 4 timer og 20 minutter. Peakforskydningen er hhv. 9½ time og 1½ time.

nen for alle belægninger falder betragteligt, men at belægningerne stadig 1½ år efter anlæg formår at infiltrere et skybrud svarende til 15 mm/30 min.

ASTM-metoden anviser, at der for hver belægning udføres infiltrationstest tre steder på belægningen, og at belægningens infiltrationsevne bestemmes som et gennemsnit af dette. Der er stor spredning på de enkelte målinger.

Vurderingen fra Svanemøllehallen viser, at metoden er nem at anvende, og metoden vurderes at give et retvisende billede på belægningernes evne til at håndtere vand, for så vidt angår fem af de anlagte belægninger. For testfeltet anlagt med gennemsnitlig belægningssten viser gennemførelsen af testen, at de første 55 mm opsluges i stenen relativt hurtigt, men at det i de efterfølgende to tests går meget langsomt. Resultatet ved brug af metoden ender med en infiltrationsrate på 45 mm/timen (okt'14), hvilket i praksis vil være højere ved nedbør efter en tørvejs periode.

## Fald i infiltrationsevne

Det er interessant at studere ændringen i de enkelte belægningers evne til at infiltrere regnvand. Udenlandske studier viser, at reduktionen sker ved sedimentering i de øverste 2-4 cm af belægningen. Infiltrationsevnen kan opretholdes ved jævnlig vedligehold. Ved belægninger bestående

af belægningssten med infiltration gennem skærefyldte fuger, er det muligt at genskabe infiltrationsevnen ved at udskifte de øverste centimeter af fugematerialet med nyt. Oprensningstests udført efterår 2014 på en række permeable befæstelser med infiltration gennem skærefyldte fuger viste, at det i alle tilfælde var muligt at forbedre infiltrationstesten markant.

I tilfælde hvor belægningen var slemmet til, var forbedringen i infiltrationshastighed flere tusind procent. Ved oprensningstesten blev fugematerialet udskiftet manuelt på et mindre areal. I praksis foretages oprensningen med en fejesugemaskine med påmonteret dysser til at spule fugematerialet løst. Der er ved Svanemøllehallen hidtil ikke udført særlig vedligehold eller oprensning med henblik på at opretholde en høj infiltrationsevne. Det er planen at gennemføre en oprensning af belægningerne i løbet af 2015.

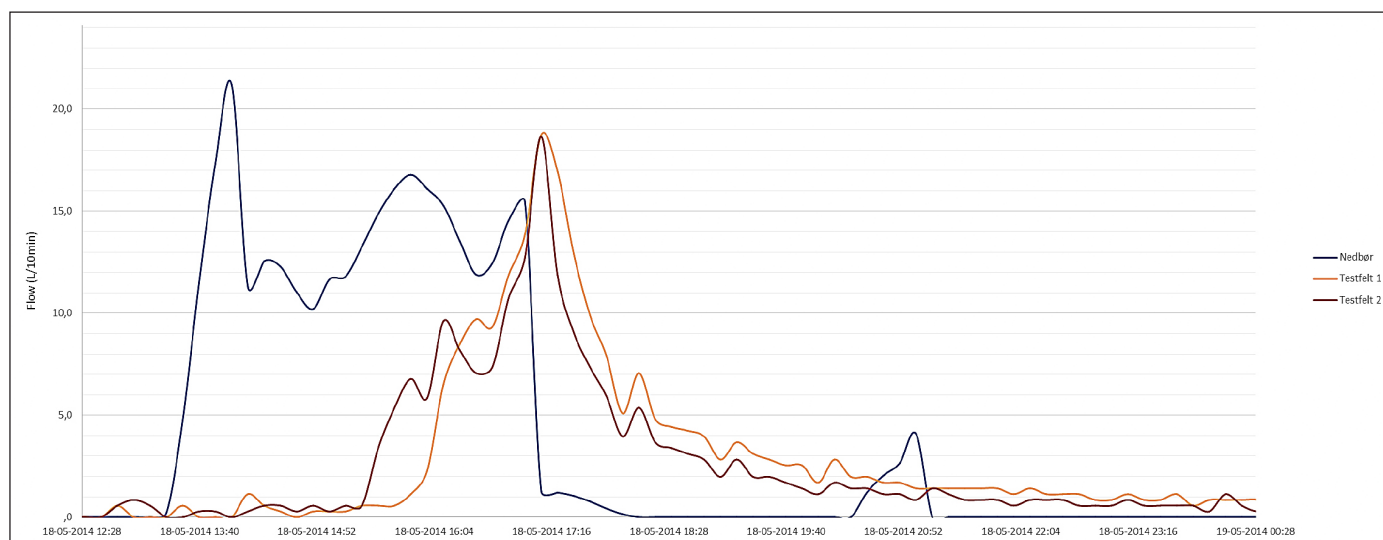
Kigger man nærmere på udvikling af infiltrationsevnen, er det interessant, at testfelt 6 fra en start har store infiltrationsevne end testfelt 1, men at dette ændrer sig frem til okt.'14. En mulig årsag til dette kan være stedlige forhold som forskel på sol/skygge og større indgroning af ukrudt i testfelt 6 end 1. Særligt testfeltet med permeabelt asfalt har oplevet en stor nedgang i infiltrationsevnen. I praksis kan man på stedet se stor variation på infiltrationsevnen, hvor vandet nogle steder trænger hurtigt væk og

andre, hvor der ingen infiltration sker. Dette tilskrives udlægningsproceduren, der er sket manuelt.

## Bæreevne og stabilitet

Bærelaget, der tillader vand at sive via hulrum mellem materialets aggregater, opnår sin styrke ved forkling af partiklerne under komprimering med tromle/pladevibrator. Styrken beror på kvaliteten af stenmaterialet og komprimeringens kvalitet. Materialet skal være knust og skal for at fungere som et effektivt dræn ikke indeholde partikler mindre end 2mm. Dræningsevnen er størst på store aggregater, men ved brug af disse bør det sikres, at skærver brugt til evt. overliggende afretningslag ikke migrerer ned i bærelaget med sætninger til følge. Afretningslaget består typisk af 2-5 mm skærver, men i praksis kan alle størrelser bruges, når bare det kan danne et jævnt underlag for belægningen.

I USA er det praksis at konstruere den permeable konstruktion af flere lag med forskellig kornstørrelse, og migrering undgås ved at benytte fx en 8-12 mm skærve oven på et lag med 12-32 mm skærver. NCC, der har leveret skærverne 2-32 mm (Drænstabil), har testet materialet ved det Svenske VTI, der ved triaksial forsøg har bestemt E-værdien værende som mekanisk stabilt grus eller højere. Ved konstruktion af testfelterne ved Svanemøllehallen er



Figur 3. Grafen viser respons på 12 mm nedbør efter passage gennem testfelt med forskellig belægning, men samme bærelag. Det første nedbør i bunden af testfelt 1 registreres kl. 15:12 (ca. 2 timer efter nedbør start) og ophører 12 timer senere. For testfelt 2 registreres det første nedbør kl. 14:59 og afdræningen ophører kl. 00:09. Peakforskydningen er i begge tilfælde ca. 2 timer. Testfelt 1 tilbageholder 25% af nedbøren, testfelt 2 er det 37%.



Testfelt	1	2	3	4	5	6
Belægning	ØkoSuperlock (låsesten, IBF)	HydroFlo (Gennemsivelig sten, Midtgaard)	Permeabelt asfalt (NCC)	PermaStone (epoxybundet skærver, Byg-gros)	PermaStone (epoxybundet skærver, Byg-gros)	ØkoSuperlock (låsesten, IBF)
Bærelag	Drænstabil (2-32 skærver, NCC)	Drænstabil (2-32 skærver, NCC)	Drænstabil (2-32 skærver, NCC)	Knust genbrugs-beton (NOR-RECCO)	32-45 tilsat 2-8 skærver (Sten-rand)	32-45 tilsat 2-8 skærver (Sten-rand)
Reducering af afstrømmende vand fra hændelser	29%	38%	42%	55%	36%	30%
tidsmæssig forskydning af peak (tt:mm:ss)	03:31:20	02:21:40	02:50:20	04:51:13	01:37:00	01:49:20
Reducering af afstrømmende vand hele perioden	10%	20%	15%	10%	10%	5%

Tabel 1. Tabellen viser resultater for perioden 1. marts -1. august 2014. Med reducere af afstrømmende vand fra hændelser menes det direkte respons målt i løbet af ca. 12 timer opgivet som et gennemsnit af alle nedbør >3mm.

	efter 4 mdr.	efter 12 mdr.	efter 18 mdr.
testfelt 1	2500	1250	587
testfelt 2	750	200	45
testfelt 3	2500	1000	29
testfelt 4	20300	18000	16906
testfelt 5	23900	20000	18637
testfelt 6	4000	950	309

Tabel 2. Belægningens infiltrationsevne (mm/timen). Infiltrationsevne målt ved ASTM-metoden viser et betydeligt fald i infiltrationsevnen. Der er ikke udført vedligehold.

der på grund af risiko for blød bund indbygget Triax geonet i hhv. bund og midt i bærelaget, hvilket gør det svært at konkludere på de indbyggede materials bæreevne. Ved en årlig opmåling af belægningernes profil ved nedstik med centimetermål fra retholt to steder på tværs af 'køreretningen' dokumenteres evt. sætninger. Ved seneste opmåling i april 2014 konstateredes kun små sætninger på 1-3 mm, dvs. under det normfastsatte.

## Hvad med miljøet?

Ved lokal infiltration af regnvand fra befæstede arealer er det naturligvis en bekymring, at vi gennem den permeable befæstelse leder forurenede regnvand til råjorden og derfra videre til grundvandet. Dette gælder også i udlandet, hvor emnet har været genstand for en lang række undersøgelser. Men de permeable befæstelser finder anvendelse på forskellige måder, og dokumentationen på området tager form

deraf. I udenlandsk forskning er det derfor dokumenteret, at vandet, der løber af belægningens overflade til recipient, er renere end vand, der løber på helt tæt belægning til afløbssystemet og derfra til recipient. Det er også dokumenteret, at vand, der løber fra højtliggende dræn i bærelaget, er renere end vandet, der ledes fra konventionel belægning til afløbssystemet.

I en dansk kontekst er det nok mest interessant at lære af de undersøgelser, der dokumenterer sammenhængen mellem transport og opmagasinering af sedimenter i forskellige dele af konstruktionen ud fra den antagelse, at de fleste miljøfremmede stoffer følger sedimenter. De gennemførte undersøgelser, både i Australien og i USA, viser, at der er mulighed for at optimere konstruktionen med udgangspunkt i kendskab til det afstrømmende regnvands kvalitet og effekten af driften. Ønsket om høj infiltrationsevne og tilbageholdelse af miljøfremmede stoffer er i nogen grad hinandens modsætninger. Ved Svanemøllehallen

har vi dec.'14 udført test med udbringning af vand tilsat tungmetaller. Resultaterne fra disse test kendes i skrivende stund ikke.

Konstruktionerne ved Svanemøllehallen kan ses som et katalog, der demonstrerer forskellige materialer til brug for konstruktion af permeable befæstelser, hver med deres potentielle anvendelsesmuligheder, når regnvandet fra vores befæstede arealer skal afkobles og håndteres lokalt.

Test ved Svanemøllehallen er et innovationsprojekt etableret som en del af det strategiske partnerskab – nu finnovationsnetværk; Vand i Byer. Læs mere om projektet og de involverede partnere på [www.vandibyer.dk](http://www.vandibyer.dk)